

ປຽບທຽບປະສິດທິພາບ ຕົ້ນທຸບລືສີ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາ ໃນການບໍາບັດນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອຈາກສະໜາມບໍາບັດ ຂີ້ເຫຍື້ອຫຼັກ 32 ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ

ວຽງລາສີ ມັງຫໍ່ເມກ¹, ບຸນພັກ ລໍເບຣຍຢາວ², ເຂັມເງິນ ປອງມາລາ¹, ມອນມະນີ ທິບພະວົງ¹, ສຸລິໂຍ ທໍາມະຈັກ¹ ແລະ
ພິງໄພບຸນ ພອນປະເສີດ^{1,*}

ພາກວິຊາເຕັກໂນໂລຊີສິ່ງແວດລ້ອມ, ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

¹ ຕິດຕໍ່ພົວພັນ:

ບົດຄັດຫຍໍ້

ພິງໄພບຸນ ພອນປະເສີດ

ພາກວິຊາເຕັກໂນໂລຊີສິ່ງແວດລ້ອມ,

ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ,

ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

ເບີໂທ: 02054227285

ອີເມລ:

p.phonepaseuth@nuol.edu.la

¹ ພາກວິຊາເຕັກໂນໂລຊີສິ່ງແວດລ້ອມ,

ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ,

ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

² ພາກວິຊາວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ,

ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ,

ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

ຂໍ້ມູນບົດຄວາມ:

ການສົ່ງບົດຄວາມ: 8 ພະຈິກ 2021

ປັບປຸງສໍາເລັດ: 15 ມັງກອນ 2022

ການຕອບຮັບ: 14 ກຸມພາ 2022

ການຝັງຖິ້ມຂີ້ເຫຍື້ອເປັນວິທີໜຶ່ງທີ່ຍັງຖືກນໍາໃຊ້ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ ໃນການກໍາຈັດຂີ້ເຫຍື້ອໃນບັນດາປະເທດກໍາລັງພັດທະນາ. ບັນຫາຫຼັກທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນລະດູຝົນແມ່ນ ການຮົ່ວຊຶມຂອງນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອທີ່ມີຄ່າປະລິມານອອກຊີເຈນທີ່ຕ້ອງການໃນການເກີດປະຕິກິລິຍາທາງເຄມີ ຫຼື Chemical Oxygen Demand (COD) ສູງກວ່າເກນມາດຕະຖານ ເຊິ່ງສົ່ງຜົນກະທົບຕໍ່ແຫຼ່ງນໍ້າທໍາມະຊາດ ແລະ ຊຸມຊົນອ້ອມຂ້າງ, ຈຶ່ງມີຄວາມຈໍາເປັນຕ້ອງໄດ້ຜ່ານການບໍາບັດກ່ອນ. ການສຶກສາຜ່ານມາໄດ້ມີການນໍາໃຊ້ຂະບວນການຕົກຕະກອນ-ລວມຕະກອນ ໂດຍສາມາດບໍາບັດບັນດາຕົວຊີ້ວັດຄຸນນະພາບໄດ້ຫຼາຍຄ່າ ແຕ່ຄ່າ COD ກໍ່ຍັງສູງກວ່າມາດຕະຖານ ແລະ ບໍ່ສາມາດປ່ອຍອອກສູ່ທໍາມະຊາດໄດ້. ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນການຕໍ່ອອກລະບົບບໍາບັດດັ່ງກ່າວ ໂດຍການປຽບທຽບລະບົບດິນທາມຈໍາລອງໂດຍການໄຫຼໃຕ້ຜິວດິນ ທີ່ປຸກຕົ້ນທຸບລືສີ, ຕົ້ນກົກລັງກາ ແລະ ຊຸດຄວບຄຸມທີ່ບໍ່ປຸກພືດ ທີ່ມີໄລຍະເວລາໃນການເກັບກັກນໍ້າ 7, 14, 21 ແລະ 28 ວັນ. ເຊິ່ງໄດ້ມີການກວດວັດຄ່າອຸນຫະພູມ (Temp), ຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ (pH), ຄ່າຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (EC), ຄ່າອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າ (DO), ຄ່າຊີໂອດີ (COD), ຄ່າໄນເຕຣດໄນໂຕເຈນ (NO₃-N) ແລະ ຄ່າຊັນເຟດ (SO₄²⁻) ຂອງນໍ້າເປື້ອນກ່ອນເຂົ້າລະບົບ ແລະ ຫຼັງຈາກຜ່ານລະບົບ. ຈາກຜົນການທົດລອງເຫັນວ່າ ຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນທຸບລືສີ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາ ເຮັດໃຫ້ຄ່າຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ ແລະ ຄ່າຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (EC) ຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານ, ປະລິມານອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າເພີ່ມຂຶ້ນ. ໃນນັ້ນຕົ້ນທຸບລືສີ ສາມາດບໍາບັດ COD ໄດ້ດີທີ່ສຸດ ເທົ່າກັບ 80.2%, ສ່ວນຕົ້ນກົກລັງກາ ແມ່ນສາມາດບໍາບັດ ຊັນເຟດ (SO₄²⁻) ໄດ້ດີທີ່ສຸດເທົ່າກັບ 53.6 %. ສໍາລັບປະລິມານໄນເຕຣດໄນໂຕເຈນ (NO₃-N) ຖືກບໍາບັດໜີດໄປພາຍໃນ 14 ວັນ ເມື່ອຜ່ານລະບົບບໍາບັດທີ່ປຸກພືດທັງ 2 ຊະນິດ. ສະຫຼຸບແລ້ວ ຕົ້ນທຸບລືສີ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາມີຄວາມສາມາດໃນການບໍາບັດນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອໄດ້ ເຊິ່ງການນໍາເອົາພືດ 2 ຊະນິດດັ່ງກ່າວໄປປຸກໃນບໍລິເວນອ່າງນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອຈະຊ່ວຍບໍາບັດນໍ້າໃຫ້ດີຂຶ້ນຕາມເກນມາດຕະຖານຄຸນນະພາບນໍ້າ ກ່ອນຈະປ່ອຍອອກສູ່ທໍາມະຊາດ.

ຄໍາສັບສໍາຄັນ: ການບໍາບັດມົນລະພິດທາງຊີວະພາບ, ການບໍາບັດດ້ວຍຮາກພືດ, ນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອ, ລະບົບດິນທາມຈໍາລອງ, COD

Performance Comparison of *Typha angustifolia* L. and *Cyperus alternifolius* L. in Landfill Leachate Treatment from Km32 Landfill, Vientiane Capital

Vienglasy Mangnomek¹, Bounphak Lobriayao², Khemngeun Pongmala¹, Monemany Thibphavong¹, Souliyo Thammachack¹ and Phongphayboun Phonpaseuth^{1,*}

Department of Environmental Technology, Faculty of Environmental Sciences, National University of Laos, Lao PDR

* Correspondencer:

Phongphayboun PHONPASEUTH
Department of Environmental
Technology,
Faculty of Environmental
Sciences,
National University of Laos,
Tel: 02054227285
E-mail:
p.phonpaseuth@nuol.edu.la
Department of Environmental
Technology, Faculty of
Environmental Sciences,
National University of Laos
²Department of Environmental
Science, Faculty of
Environmental Sciences,
National University of Laos

Article Info:

Submitted: Nov 08, 2021

Revised: Jan 15, 2022

Accepted: Feb 14, 2022

Abstract

Landfilling is a common practical method used for waste management in developing countries. The leakage of landfill leachate containing a high amount of Chemical Oxygen Demand (COD) is a main environmental problem during the rainy season. Previous research work has utilized the coagulation-flocculation process to treat this leachate. Although many parameters after treatment could meet the standard, the remaining COD in treated leachate is still high. Thus, this study investigated the ability of two plants species *Typha angustifolia* L. and *Cyperus alternifolius* L. in the subsurface flow of constructed wetlands (SFCW). Three sets of SFCW (45 cm × 30 cm × 25 cm) include unplanted soil (control) were compared. Temperature, pH, Conductivity, DO, COD, NO₃-N and SO₄²⁻ were measured in a 7-day interval until 28 days of the experiment. Both plant species not only reduce pH and conductivity to meet the wastewater discharge standard but also increase DO in treated water. NO₃-N was completely removed after 14 days in planted soil. *Typha angustifolia* L. showed the highest removal COD rate with 80.2%, and *Cyperus alternifolius* L. showed the best result with 53.6 % in SO₄²⁻ removal. In conclusion, these two plant species could utilize as phytoremediation in the landfill site to treat leachate before releasing to the environment.

Keywords: Bioremediation, COD, Constructed wetland, Landfill leachate, Rhizoremediation

1. ພາກສະເໜີ

ສະໜາມບໍາບັດຂີ້ເຫຍື້ອນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ Km32 ມີເນື້ອທີ່ 100 ha, ຕັ້ງຢູ່ບ້ານນາຜາສຸກ ເມືອງໄຊທານີ ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ແມ່ນສະໜາມບໍາບັດຂີ້ເຫຍື້ອແຫ່ງໃໝ່ ທີ່ ລັດຖະບານລາວໄດ້ລົງທຶນກໍ່ສ້າງເພື່ອທົດແທນສະໜາມບໍາບັດຂີ້ ເຫຍື້ອແຫ່ງເກົ່າຕັ້ງຢູ່ທີ່ Km18, ເຊິ່ງໄດ້ເລີ່ມເປີດໃຊ້ໃນເດືອນ ສິງຫາ ປີ 2008. ສະໜາມບໍາບັດຂີ້ເຫຍື້ອແຫ່ງໃໝ່ນີ້ ປະກອບມີ ຊຸມຝັງຖິມຂີ້ເຫຍື້ອຢູ່ 11 ຊຸມ ໂດຍຂຶ້ນກັບອົງການພັດທະນາ ແລະ ບໍລິຫານຕົວເມືອງວຽງຈັນ (ອພບ) (VCOMS, 2018). ປະຈຸບັນ ຢູ່ໃນ ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ສປປ ລາວ ມີປະລິມານຂີ້ ເຫຍື້ອສະເລ່ຍ 600-700 ໂຕນ/ມື້ ສ່ວນທີ່ສົ່ງໄປຈັດການໃນສະ ໜາມຂີ້ເຫຍື້ອ Km32 ມີພຽງປະມານ 50% ຫຼື ເທົ່າກັບ 350–

400 ໂຕນ/ມື້ ເທົ່ານັ້ນ (ອົງການພັດທະນາ ແລະ ບໍລິຫານຕົວ ເມືອງນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ, 2020). ການຝັງຖິມຂີ້ເຫຍື້ອ ເປັນ ວິທີທີ່ຖືກນໍາໃຊ້ຢ່າງຫຼວງຫຼາຍໃນການກໍາຈັດຂີ້ເຫຍື້ອ, ເຊິ່ງວິທີ ດັ່ງກ່າວຫາກມີການບໍລິຫານຈັດການບໍ່ດີພໍ ກໍອາດຈະສົ່ງຜົນ ກະທົບຕໍ່ສິ່ງແວດລ້ອມຢ່າງຫຼວງຫຼາຍເຊັ່ນ: ເກີດການປົດປ່ອຍ ອາຍກາສມີເຫນ (CH₄), ກາສຄາບອນໄດອອກຊາຍ (CO₂) ທີ່ ເປັນສາເຫດຂອງສະພາວະໂລກຮ້ອນຂຶ້ນສູ່ຊັ້ນບັນຍາກາດ, ຈາກ ການປະເມີນຂອງ Babel and Vilaysouk (2016) ເຫັນວ່າສະ ໜາມຂີ້ເຫຍື້ອ Km32 ສາມາດປົດປ່ອຍທາດອາຍພິດເຮືອນ ແກ້ວໄດ້ເຖິງ 91,920 ຫາ 172,009 ໂຕນ/ປີ (CO₂-eq). ນອກຈາກນັ້ນ, ໃນລະດູຝົນຍັງເກີດບັນຫາການຮົ່ວຊຶມຂອງນໍ້າ ຊະຂີ້ເຫຍື້ອອອກສູ່ແຫຼ່ງນໍ້າທໍາມະຊາດ ຫຼື ຊຶມລົງສູ່ນໍ້າໄຕ້ດິນ ໃນ

ບໍລິເວນເຂດໃກ້ຄຽງຊຸມຝັ່ງຖິມອີກດ້ວຍ. ຈາກການສຶກສາຂອງ Xaypanya et al. (2018) ເຫັນວ່ານ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອຈາກຊຸມຝັ່ງຖິມທີ່ມີຄ່າ COD ສູງເຖິງ 510-670 mg/L ເຊິ່ງເກີນມາດຕະຖານຄຸນນະພາບນ້ຳໜ້າດິນ ແລະ ບໍ່ສາມາດປ່ອຍອອກສູ່ທຳມະຊາດໄດ້, ເນື່ອງຫາກມີການປົນເປື້ອນລົງສູ່ແຫຼ່ງນ້ຳທຳມະຊາດຈະເຮັດໃຫ້ປະລິມານອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນ້ຳ (DO) ຕ່ຳລົງ ແລະ ສິ່ງຜົນເຮັດໃຫ້ສິ່ງທີ່ມີຊີວິດຢູ່ໃນນ້ຳຕາຍໄດ້.

ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງມີຄວາມຈຳເປັນທີ່ຕ້ອງການໃຫ້ມີການບຳບັດນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອຈາກຊຸມຝັ່ງຖິມ ກ່ອນທີ່ຈະປ່ອຍອອກສູ່ສິ່ງແວດລ້ອມ. ຈາກບັນຫາດັ່ງກ່າວ ທິບພະຈັນ ສຸລິຍະວົງ ແລະ ຄຳບາງ ປັນຍາອຸດົມ (2020) ໄດ້ສຶກສາການບຳບັດນ້ຳເປື້ອນເບື້ອງຕົ້ນ ໂດຍນຳໃຊ້ຂະບວນການຕົກຕະກອນ-ລວມຕະກອນ (Coagulation-Flocculation) ທີ່ໃຊ້ສານ Poly Aluminum Chloride (PAC) ເປັນສານຕົກຕະກອນ ຈາກຜົນການສຶກສາເຫັນວ່າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ 300 mg/L ມີປະສິດທິພາບສາມາດບຳບັດໄດ້ດີທີ່ສຸດ (optimal dose) ເຊິ່ງສາມາດບຳບັດ COD, TDS, TSS, PO_4^{3-} , NO_3-N ໄດ້ 55.56 %, 81.56%, 88.44%, 86.83%, 100% ຕາມລຳດັບ. ແຕ່ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຂະບວນການບຳບັດທາງກາຍະພາບ-ເຄມີ ດັ່ງກ່າວແມ່ນຍັງບໍ່ສາມາດບຳບັດ COD ໃຫ້ໄດ້ຕາມເກນມາດຕະຖານ ແລະ ປ່ອຍອອກສູ່ແຫຼ່ງທຳມະຊາດໄດ້. ດັ່ງນັ້ນ, ການນຳໃຊ້ພືດເຂົ້າໃນລະບົບບຳບັດຕໍ່ຈາກນີ້ ຈຶ່ງເປັນວິທີການໜຶ່ງ ທີ່ສາມາດຫຼຸດຜ່ອນບັນຫາດັ່ງກ່າວ, ຮາກພືດຊ່ວຍເພີ່ມຊ່ອງວ່າງໃຫ້ແກ່ດິນ ເພີ່ມປະລິມານ ອົກຊີເຈນ, ປ່ອຍສານອາຫານໃຫ້ຈຸລິນຊີທີ່ມີຢູ່ບໍລິເວນຮາກ ໃຫ້ມີການຂະຫຍາຍຕົວ ແລະ ເພີ່ມຈຳນວນ ເປັນການສົ່ງເສີມຂະບວນການຍ່ອຍສະຫຼາຍສານເຄມີໃຫ້ດີຂຶ້ນ (Phonepaseuth et al., 2019). ການສຶກສາຜ່ານມາຂອງ ສິມສະໝຸກ ສິລິບຸນທັນ ພ້ອມດ້ວຍຄະນະ (2020) ໄດ້ມີການນຳໃຊ້ລະບົບດິນທາມຈຳລອງທີ່ໃຊ້ຕົ້ນຜີ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາໃນການບຳບັດນ້ຳເປື້ອນຈາກຊຸມຊົນໜອງທາ ເຊິ່ງສາມາດບຳບັດ NH_4-N , TSS ແລະ BOD ໄດ້ 54.28%, 68.87% ແລະ 48.19% ຕາມລຳດັບ. Akinbile et al. (2012) ໄດ້ນຳໃຊ້

ລະບົບດິນທາມຈຳລອງແບບການໄຫຼໄຕ້ຜິວດິນປຸກພືດສະກຸນກົກໃນການບຳບັດນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອທີ່ມີ COD ເລີ່ມຕົ້ນ 923.44mg/L ເຫັນວ່າສາມາດບຳບັດໄດ້ເຖິງ 91.8% ໃນໄລຍະເວລາ 21 ວັນ. ນອກຈາກນັ້ນ, ຜົນການທົດລອງຂອງ Leto et al. (2013) ເຫັນວ່າຕົ້ນກົກລັງກາ ແລະ ຕົ້ນທູບລີສີ ສາມາດບຳບັດ COD ໃນນ້ຳເປື້ອນຊຸມຊົນໄດ້ເຖິງ 66.6% ແລະ 75.7% ຕາມລຳດັບ.

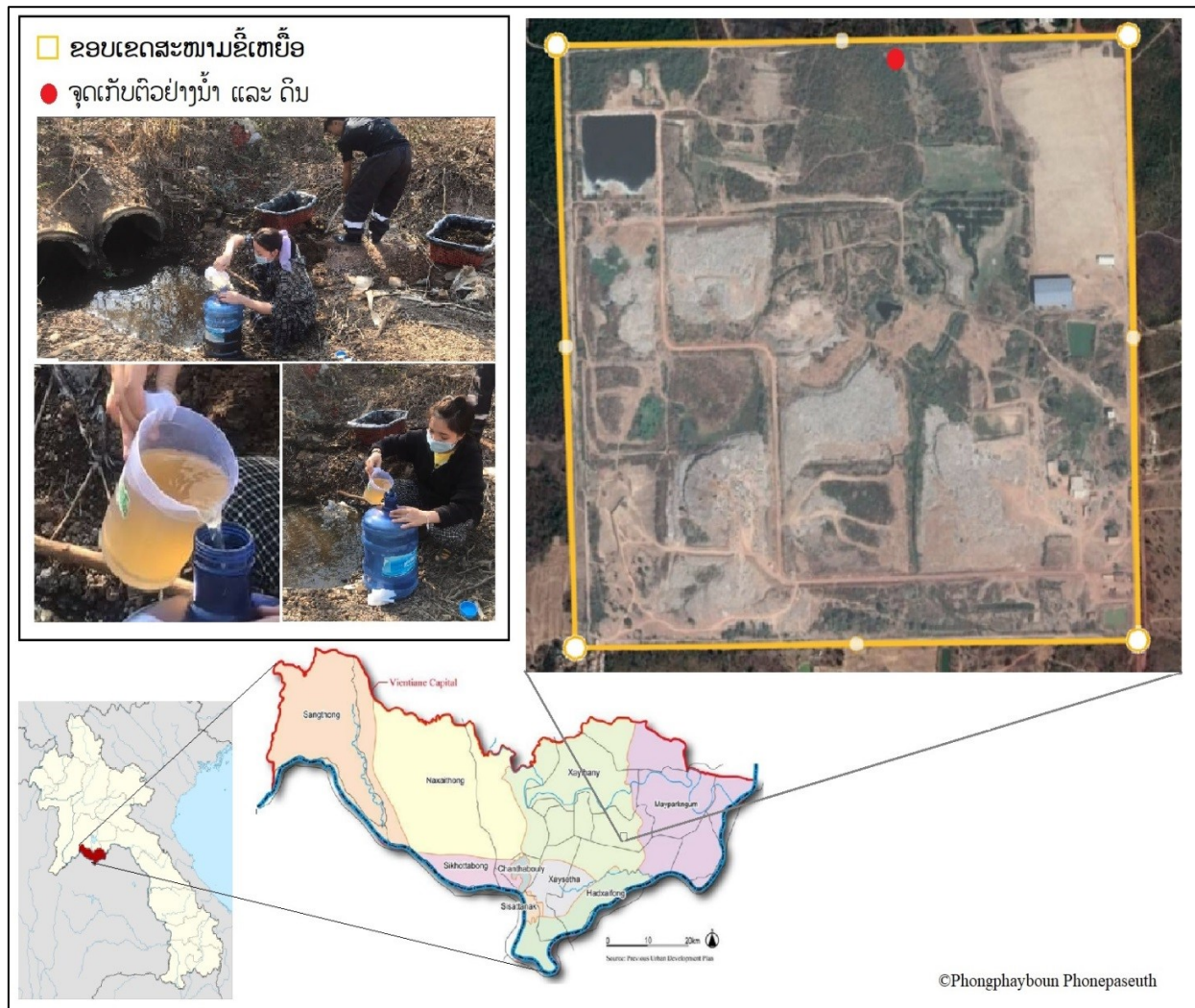
ຈາກບັນຫາດັ່ງກ່າວທີ່ມີການວິໄຈຈຶ່ງມີຄວາມສົນໃຈ ນຳໃຊ້ຂະບວນການບຳບັດທາງຊີວະພາບ ດ້ວຍລະບົບບຳບັດນ້ຳແບບດິນທາມຈຳລອງ ໂດຍການນຳໃຊ້ພືດ 2 ຊະນິດກໍຄື: ຕົ້ນທູບລີສີ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາ ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນ COD ດັ່ງກ່າວໃຫ້ຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານທີ່ສາມາດປ່ອຍອອກສູ່ແຫຼ່ງທຳມະຊາດໄດ້. ໂດຍມີຈຸດປະສົງປຽບທຽບປະສິດທິພາບຂອງການບຳບັດນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອລະຫວ່າງ ຕົ້ນທູບລີສີ ແລະ ຕົ້ນລັງກາ ດ້ວຍລະບົບດິນທາມຈຳລອງນ້ຳໄຫຼໄຕ້ຜິວດິນ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ການກະກຽມຕົວຢ່າງນ້ຳເປື້ອນ ແລະ ດິນ

ຕົວຢ່າງນ້ຳເປື້ອນ (ນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອ) ແລະ ດິນຕົວຢ່າງ ໃນການສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນໄດ້ເກັບຈາກອ່າງເກັບນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອ (wetland) ຂອງສະໜາມບຳບັດຂີ້ເຫຍື້ອ ຫຼັກ 32 ບ້ານນາຜາສຸກ ເມືອງໄຊທານີ ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ເປັນອ່າງທີ່ຈະປ່ອຍອອກສູ່ທຳມະຊາດ. ເຊິ່ງຈຸດເກັບຕົວຢ່າງຢູ່ພິກັດ $18^{\circ}04'59''N$ ແລະ $102^{\circ}51'12''E$ ລະດັບຄວາມສູງ 178 m ເໜືອລະດັບນ້ຳທະເລ. ນ້ຳຊະຊື່ເຫຍື້ອ ຈຳນວນ 350 L ໄດ້ຖືກເກັບໃສ່ຕຸກນ້ຳຕື່ມຂະໜາດ 20 L ແລະ ດິນຕົວຢ່າງແມ່ນຂຸດບໍລິເວນດັ່ງກ່າວເພື່ອນຳມາເປັນວັດສະດຸປຸກໃນລະບົບບຳບັດ.

ຫຼັງຈາກນຳນ້ຳຕົວຢ່າງມາແລ້ວ ແມ່ນໄດ້ບັນຈຸລົງໃນຖັງຂະໜາດ 1000 L ຕື່ມສານຕົກຕະກອນ PAC ໃນປະລິມານ 300 mg/L ຕາມວິທີການຂອງ ທິບພະຈັນ ສຸລິຍະວົງ ແລະ ຄຳບາງ ປັນຍາອຸດົມ. (2020). ສະຖານທີ່ເກັບນ້ຳເປື້ອນ ແລະ ດິນຕົວຢ່າງສະແດງໃນຮູບພາບທີ 1.



ຮູບພາບທີ 1: ສະຖານທີ່ເກັບນ້ຳຕົວຢ່າງ ແລະ ດິນໃນການສຶກສາ

ແຫຼ່ງທີ່ມາຮູບ: ແຜນທີ່ນະຄອນຫຼວງຈາກ PTI & JICA (2011) , ຮູບຂອບເຂດສະໜາມຂີ້ເຫຍື້ອ Km32 ຈາກ <https://earth.google.com/web/@18.08220758,102.85101103>

2.2 ການກະກຽມລະບົບບໍາບັດດ້ວຍພືດ

ຕົ້ນທູບລີສີ (*Typha angustifolia* L.) ໄດ້ນຳມາຈາກ ບຶງທາດຫຼວງ ເຂດບ້ານ ໂພນທັນໃຕ້, ເມືອງໄຊເສດຖາ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ແລະ ຕົ້ນກົກລັງກາ (*Cyperus alternifolius* L.) ໄດ້ນຳເອົາມາຈາກຮ່ອງລະບາຍນ້ຳ ເຂດບ້ານ ດົງປ່າແຫຼບ, ເມືອງຈັນທະບູລີ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ ເຊິ່ງທັງສອງຊະນິດນັ້ນແມ່ນນຳມາປູກໃສ່ດິນທີ່ໄດ້ເອົາມາຈາກບໍລິເວນ ອ່າງນ້ຳຊະຂີ້ເຫຍື້ອ ທົດນ້ຳເປັນປົກກະຕິແຕ່ລະວັນ ເປັນເວລາ 30 ວັນເພື່ອໃຫ້ພືດໄດ້ປັບຕົວກ່ອນ, ຈຶ່ງດຳເນີນການທົດລອງ ບຳບັດນ້ຳໃນຂັ້ນຕອນຕໍ່ໄປ.

ລະບົບແບບຈຳລອງນ້ຳໄຫຼໃຕ້ຜິວດິນ (Subsurface Flow) ແມ່ນນຳໃຊ້ຖັງທີ່ມີຂະໜາດເທົ່າກັນຄື 45 cm × 30 cm × 25 cm (ຍາວ × ກວ້າງ × ສູງ). ໂດຍມີການປຽບທຽບກັນທັງໝົດ 3 ລະບົບຄື: 1) ລະບົບທີ່ປູກຕົ້ນທູບລີສີ (Sub-T); 2) ລະບົບທີ່ປູກຕົ້ນກົກລັງກາ (Sub-C) ແລະ 3) ລະບົບທີ່ບໍ່ໄດ້ປູກພືດ ເປັນຊຸດຄວບຄຸມ (Sub-Control soil). ສຳລັບລະບົບ 1

ແລະ 2 ແມ່ນປູກພືດ 12 ຕົ້ນ ອີງຕາມວິທີຂອງ ອາລິສາ ຫຼວງຮາຊ ພ້ອມດ້ວຍຄະນະ, (2019). ເຊິ່ງໄດ້ກຳນົດອັດຕາການ ໄຫຼຂອງລະບົບແມ່ນຄິດໄລ່ຈາກສູດຂອງ Reed and Brown (1995). ໂດຍການກຳນົດໄລຍະເວລາການກັກເກັບນ້ຳແມ່ນ 7, 14, 21 ແລະ 28 ວັນ.

2.3 ການປຽບທຽບຄຸນສະພາບນ້ຳກ່ອນ ແລະ ຫຼັງບຳບັດ

ການປຽບທຽບຄຸນສະພາບນ້ຳແມ່ນໄດ້ມີການເກັບຕົວຢ່າງ ນ້ຳກ່ອນ ແລະ ຫຼັງບຳບັດມາກວດທຸກໆມື້ທີ 7, 14, 21, 28 ຂອງການທົດລອງ, ເຊິ່ງໄດ້ມີການກວດວັດຄ່າ ອຸນຫະພູມ (Temperature), ຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ (pH), ປະລິມານອອກຊີເຈນ ທີ່ລະລາຍ (Dissolved Oxygen: DO), ການຊັກນຳໄຟຟ້າ (Electrical conductivity: EC), ປະລິມານອອກຊີເຈນ ທີ່ຕ້ອງການໃນການເກີດປະຕິກິລິຍາທາງເຄມີ (COD), ໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ NO₃-N ແລະ ຊັນເຟດ (SO₄²⁻) ໂດຍໃຊ້ວິທີການວິເຄາະຄຸນສະພາບນ້ຳມາດຕະຖານ (APHA/AWWA/WEF, 2012).

2.4 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

1) ການຄິດໄລ່ຫາປະສິດທິພາບການບໍາບັດ

ປະສິດທິພາບໃນການບໍາບັດນໍ້າຂອງລະບົບແບບຈໍາລອງ ນໍ້າໄຫຼໃຕ້ຜົວດິນ ແຕ່ລະ ລະບົບທີ່ສ້າງຂຶ້ນຄໍານວນໂດຍ ປຽບທຽບຄ່າຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງຄ່າຕົວຊີ້ວັດຄຸນນະພາບນໍ້າ

$$\text{ປະສິດທິພາບການບໍາບັດ} = \left[\frac{\text{ຄຸນນະພາບນໍ້າກ່ອນບໍາບັດ (mg/L)} - \text{ຄຸນນະພາບນໍ້າທີ່ຜ່ານການບໍາບັດ (mg/L)}}{\text{ຄຸນນະພາບນໍ້າກ່ອນບໍາບັດ (mg/L)}} \right] \times 100\%$$

2) ການວິເຄາະທາງສະຖິຕິ

ການວິເຄາະຂໍ້ມູນທາງສະຖິຕິໂດຍໃຊ້ໂປຣແກຣມ SPSS ເພື່ອຊອກຫາຄ່າສະເລ່ຍ (Mean) ແລະ ຄ່າບ່ຽງເບນ ມາດຕະຖານ (standard Deviation) ໃນການພັນລະນາຂໍ້ມູນ ທີ່ໄດ້ ຈາກການທົດລອງກໍຕິ ຄຸນລັກສະນະຂອງຄຸນນະພາບນໍ້າ ເຊິ່ງ ການປຽບທຽບຄວາມແຕກຕ່າງໂດຍນໍາໃຊ້ T-Test ເພື່ອທົດ ສອບແຕ່ລະຊຸດການທົດລອງນັ້ນມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ ຫຼື ບໍ່ ໃນ ລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ($p < 0.05$).

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ການປຽບທຽບຄຸນນະພາບນໍ້າກ່ອນ ແລະ ຫຼັງບໍາບັດ

ຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າຊະຊີເຫຍື້ອກ່ອນການບໍາບັດສະແດງ ໃນ ຕາຕະລາງທີ 1. ຈາກຜົນການກວດວັດຄຸນນະ ພາບນໍ້າໃນຄັ້ງນີ້ ເຫັນວ່າ ຄ່າຄວາມສາມາດໃນການຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (Conductivity) ແລະ ຄ່າ COD ແມ່ນມີຄ່າເທົ່າກັບ 3,100-3,250 $\mu\text{S/cm}$ ແລະ 380-410 mg/L ຕາມລໍາດັບ, ເຊິ່ງສູງ ກວ່າມາດຕະຖານຄວບຄຸມມົນລະພິດທາງນໍ້າລົງສູ່ຮ່ອງນໍ້າ ສາທາລະນະ (ກົມຄວບຄຸມມົນລະພິດ, 2017). ຜົນຈາກການ ປຽບທຽບຄຸນນະພາບນໍ້າກ່ອນ ແລະ ຫຼັງບໍາບັດ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບ ພາບທີ 2. ໃນນັ້ນ ອຸນຫະພູມສະເລ່ຍແມ່ນ 32-34 $^{\circ}\text{C}$ ຂອງແຕ່ ລະຊຸດການທົດລອງ ເຊິ່ງໃນຊ່ວງ 28 ວັນຂອງການທົດລອງ ເຫັນວ່າມີພຽງອາທິດທີ 2 ທີ່ອຸນຫະພູມສະເລ່ຍສູງເຖິງ 37 $^{\circ}\text{C}$, ອຸນຫະພູມດັ່ງກ່າວແມ່ນມີຜົນໂດຍກົງຈາກການປ່ຽນແປງ ອຸນຫະພູມຂອງສະພາບອາກາດໃນຊ່ວງເວລານັ້ນ.

ໃນດ້ານຕົວຊີ້ວັດທາງດ້ານຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ (pH) ເຫັນວ່າມີການປ່ຽນແປງພຽງເລັກໜ້ອຍໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາການ ທົດລອງ 28 ວັນ, ເຊິ່ງມີຄ່າສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 7.8-8.0. ໃນນັ້ນການ ປຸກພືດທັງ 2 ຊະນິດນັ້ນຊ່ວຍປັບຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງມາຢູ່ໃນຄ່າ ເປັນກາງຫຼາຍຂຶ້ນ ເຊິ່ງມີຄ່າສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 7.4-7.6. ເມື່ອປຽບທຽບ ຄ່າດັ່ງກ່າວທາງດ້ານສະຖິຕິແລ້ວເຫັນວ່າບໍ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ ໃນທຸກຊຸດການທົດລອງ ດ້ວຍລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ($p > 0.05$).

ຄ່າປະລິມານອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າ (DO) ກ່ອນ ການບໍາບັດສະເລ່ຍຢູ່ລະຫວ່າງ 5.8-6.3 mg/L ເຊິ່ງນອນໃນ

(ພາຣາມິເຕີ) ທີ່ສຶກສາລະຫວ່າງນໍ້າທີ່ເຂົ້າລະບົບ ແລະ ນໍ້າທີ່ອອກ ຈາກລະບົບ ໂດຍມີການຄິດໄລ່ 3 ຕົວຊີ້ວັດຄື: ປະລິມານອອກຊີ ເຈນທີ່ຕ້ອງການໃນການເກີດປະຕິກິລິຍາທາງເຄມີ (COD), ໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ແລະ ຊັນເຟດ (SO_4^{2-}) ເຊິ່ງມີ ສູດໃນການຄິດໄລ່ປະສິດທິພາບຂອງການບໍາບັດດັ່ງນີ້:

ເກນມາດຕະຖານ ແຕ່ຄ່າດັ່ງກ່າວແມ່ນບໍ່ມີຄວາມແນ່ນອນ, ມີ ການປ່ຽນແປງຂຶ້ນລົງໄປຕາມແຕ່ລະລວງຂອງການເກັບຕົວຢ່າງ (ຕາຕະລາງທີ 1). ຜົນຈາກການບໍາບັດໃນຊ່ວງ 28 ວັນ ເຫັນວ່າ ການປຸກພືດ ຊ່ວຍເພີ່ມປະລິມານອອກຊີເຈນໃນນໍ້າຂຶ້ນ ເຊິ່ງຊຸດ ທົດລອງທີ່ປຸກຕົ້ນທູບລືສີມີຄ່າສະເລ່ຍທີ່ສູງກວ່າໝູ່ ຮອງລົງມາ ແມ່ນ ຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກຕົ້ນກົກລັງກາ ເຊິ່ງມີຄ່າສະເລ່ຍທີ່ 7.1 mg/L ແລະ 6.8 mg/L ຕາມລໍາດັບ, ເມື່ອນໍາມາວິເຄາະທາງ ສະຖິຕິພົບວ່າ ຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກພືດ(ຕົ້ນທູບລືສີ ແລະ ຕົ້ນ ລັງກາ) ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນເມື່ອທຽບກັບ ຊຸດຄວບຄຸມ (ບໍ່ປຸກ ພືດ) ໃນລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95%, ແຕ່ເມື່ອປຽບທຽບກັນ ລະຫວ່າງພືດ 2 ຊະນິດແລ້ວ ເຫັນວ່າບໍ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ.

ຄ່າຄວາມສາມາດໃນການຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (Conductivity) ຫຼື EC ມີການປ່ຽນແປງຫຼາຍໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາການທົດລອງ, ໂດຍສະເພາະຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກພືດເຫັນໄດ້ວ່າມີຄວາມແຕກຕ່າງ ກັນຢ່າງຊັດເຈນ, ທັງນີ້ເນື່ອງຈາກຕົ້ນທູບລືສີມີປະລິມານຮາກ ຝອຍຫຼາຍກວ່າຕົ້ນລັງກາທີ່ສາມາດດູດຊັບທາດອາຫານທີ່ເປັນ ທາດທີ່ມີປະຈຸໄຟຟ້າເຊັ່ນ: ໄນເຕຣດໄອອອນ (NO_3^-), ແອມໂມ ເນຍໄອອອນ, ຊັນເຟຣດ ແລະ ຟອສເຟດເອົາໄປໃຊ້ໃນການ ຈະເລີນເຕີບໂຕ ໂດຍທີ່ປະລິມານເກືອຂອງທາດອາຫານທີ່ຢູ່ ໃນນໍ້າມີການແຕກຕົວເປັນປະຈຸບວກ ແລະ ລົບ ຖືກພືດດູດຊັບ ເຮັດໃຫ້ຄ່າຊັກນໍ້າໄຟຟ້າຫຼຸດລົງ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບການຫຼຸດລົງຂອງ ຜົນຈາກຮູບພາບທີ 4.

3.2 ປະສິດທິພາບການບໍາບັດການບໍາບັດ COD, ໄນເຕດ-ໄນ ໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ແລະ ຊັນເຟດ (SO_4^{2-})

ກ) ປະສິດທິພາບການບໍາບັດ COD

ຜົນຂອງການບໍາບັດ COD ສະແດງໃນຮູບພາບທີ 3. ຈາກຜົນການສຶກສາເຫັນວ່າພືດທັງ 2 ຊະນິດນັ້ນສາມາດບໍາບັດ ໄດ້ໃກ້ຄຽງກັນໃນຊ່ວງໄລຍະເວລາ 21 ວັນ. ເມື່ອຮອດມື້ທີ 28 ຂອງການບໍາບັດ ເຫັນໄດ້ວ່າຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນທູບລືສີສາມາດບໍາບັດ ໄດ້ດີກວ່າຊຸດທີ່ປຸກກົກລັງກາ ເຊິ່ງສາມາດບໍາບັດໄດ້ 80.2% ແລະ 65.7% ຕາມລໍາດັບ (ຕາຕະລາງທີ 2). ໃນນັ້ນຊຸດຄວບ ຄຸມທີ່ເປັນດິນບໍ່ປຸກພືດກໍສາມາດບໍາບັດໄດ້ພຽງແຕ່ 21 ວັນ ໄດ້ ພຽງແຕ່ 38% ກໍ່ເລີ່ມອີ່ມຕົວ, ເຊິ່ງອາດເກີດຈາກການດູດຊຶມ ຂອງດິນ ຫຼື ການຍ່ອຍສະຫຼາຍຂອງຈຸລິນຊີທີ່ມີໃນນໍ້າເປື້ອນ

ແລະ ດິນທີ່ມາຈາກສະໜາມຂີ້ເຫຍື້ອເອງ. ເມື່ອນໍາມາວິເຄາະທາງສະຖິຕິພົບວ່າ ຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກພືດ(ຕົ້ນທຸບລີສີ ແລະ ຕົ້ນລັງກາ) ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນເມື່ອທຽບກັບ ຊຸດຄວບຄຸມ (ບໍ່ປຸກພືດ) ໃນລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95%, ແລະ ລະຫວ່າງພືດ 2 ຊະນິດແລ້ວ ເຫັນວ່າມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ (ຕາຕະລາງທີ 2).

ຂ) ປະສິດທິພາບການບໍາບັດ ໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ແລະ ຊັນເຟດ (SO_4^{2-})

ປະລິມານ ໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ເບື້ອງຕົ້ນແມ່ນ 3.8-4.2 mg/L (ຕາຕະລາງທີ 1). ຜົນຈາກການປຽບທຽບການບໍາບັດທັງ 3 ຊຸດການທົດລອງເຫັນວ່າ ປະລິມານໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ຫຼຸດລົງໃນທຸກຊຸດການທົດລອງ ລວມທັງນໍ້າເປື້ອນ. ໃນນີ້ເຫັນວ່າ ທັງສອງຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກພືດແມ່ນມີຄວາມສາມາດບໍາບັດໄດ້ 100% ພາຍໃນມື້ທີ 14 ຂອງການທົດລອງ, ໂດຍທີ່ຊຸດຄວບຄຸມກໍ່ສາມາດຫຼຸດຄ່າໄດ້ລົງເຖິງ 75%. ຫຼັງຈາກນັ້ນ, 28 ວັນ ຄ່າໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ບໍ່ສາມາດກວດພົບໃນນໍ້າເປື້ອນຕົວຢ່າງ ດັ່ງສະແດງໃນ (ຮູບພາບທີ 4ກ). ເມື່ອນໍາມາວິເຄາະທາງສະຖິຕິພົບວ່າ ຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກຕົ້ນທຸບລີສີ ແລະ ຕົ້ນລັງກາ ບໍ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ ($p>0.05$), ແຕ່ແຕກຕ່າງກັບຊຸດຄວບຄຸມທີ່ບໍ່ປຸກພືດ ໃນລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ($p<0.05$) ດັ່ງສະແດງໃນ (ຕາຕະລາງທີ 2).

ປະລິມານ ຊັນເຟດ (SO_4^{2-}) ເບື້ອງຕົ້ນແມ່ນມີຄ່າທີ່ສູງພໍສົມຄວນຈາກ ຕາຕະລາງທີ 1 ເຊິ່ງມີຄ່າຢູ່ລະຫວ່າງ 130-142 mg/L. ພາຍຫຼັງການບໍາບັດເຫັນວ່າ 7 ວັນ ແລະ 14 ວັນ ແມ່ນມີຄ່າໃກ້ຄຽງກັນໃນຊຸດທີ່ປຸກພືດທັງ 2 ຊະນິດ, ເມື່ອຜ່ານໄປ 28 ວັນ ເຫັນວ່າຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນກົກລັງກາ ສາມາດບໍາບັດໄດ້ດີກວ່າຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນທຸບລີສີ ແລະ ຍັງເຫັນວ່າ ຊຸດຄວາມຄຸມທີ່ບໍ່ປຸກພືດ ແມ່ນບໍ່ສາມາດຫຼຸດປະລິມານຊັນເຟດໄດ້ (ຮູບພາບທີ 4ຂ). ເມື່ອນໍາມາວິເຄາະທາງສະຖິຕິພົບວ່າ ຊຸດທົດລອງທີ່ປຸກພືດ (ຕົ້ນທຸບລີສີ ແລະ ຕົ້ນລັງກາ) ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນເມື່ອທຽບກັບຊຸດຄວບຄຸມ (ບໍ່ປຸກພືດ) ໃນລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95%, ແລະ ເມື່ອປຽບທຽບກັນລະຫວ່າງພືດ 2 ຊະນິດແລ້ວ ເຫັນວ່າມີຄວາມແຕກຕ່າງເຊັ່ນດຽວກັນ ດັ່ງສະແດງໃນ (ຕາຕະລາງທີ 2).

4. ວິພາກຜົນ

ເມື່ອສັງເກດລັກສະນະທາງກາຍະພາບ-ເຄມີຂອງນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອ ຈາກຕາຕະລາງທີ 1 ເຫັນວ່າຄ່າຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງຂອງນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອປ່ຽນແປງຕາມຊ່ວງລະດູການ ແລະ ອາຍຸຂອງສະໜາມຂີ້ເຫຍື້ອ, ໃນນັ້ນຄ່າຄວາມເປັນກົດດ່າງມີທ່າອ່ຽງເພີ່ມຂຶ້ນ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Bhalla et al. (2013) ທີ່ວ່າອາຍຸຂອງສະໜາມຂີ້ເຫຍື້ອເພີ່ມຂຶ້ນຈະເຮັດໃຫ້ຄ່າຄວາມເປັນດ່າງເພີ່ມຂຶ້ນ. ໃນດ້ານຄ່າການຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (Conductivity) ແມ່ນຢູ່ໃນຄ່າທີ່ສູງຄືກັບການສຶກສາທີ່ຜ່ານມາ

(ທິບພະຈັນ ສຸລິຍະວົງ ແລະ ຄໍາບາງ ປັນຍາອຸດົມ, 2020; Xaypanya et al., 2018) ເຊິ່ງມີການຫຼຸດລົງຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານເມື່ອຜ່ານ 7 ວັນ ຂອງການບໍາບັດ ເນື່ອງຈາກວ່າສານອາຫານຖືກພືດນໍາໃຊ້ໃນຂະບວນການຈະເລີນເຕີບໂຕສອດຄ່ອງກັບການຫຼຸດລົງຂອງ ໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ແລະ ຊັນເຟດ (SO_4^{2-}) (ຮູບພາບທີ 4). ຄ່າປະລິມານອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າ (DO) ເພີ່ມຂຶ້ນໃນຊ່ວງວັນທີ 21 ຂອງຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນທຸບລີສີ ແລະ ຊຸດທີ່ປຸກຕົ້ນກົກລັງກາ ອາດເນື່ອງຈາກວ່າປະລິມານສານອາຫານທີ່ເປັນໄນໂຕເຈນໃນນໍ້າຖືກພືດນໍາໃຊ້ໄປໝົດ ເຮັດໃຫ້ບໍ່ເກີດການນໍາໃຊ້ອອກຊີເຈນໃນນໍ້າໃນການເກີດປະຕິກິລິຍາ ດັ່ງນັ້ນອອກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນໍ້າ ຈຶ່ງເພີ່ມຂຶ້ນ.

ຜົນຈາກການບໍາບັດຄ່າ COD ເຫັນວ່າ ລະບົບການໄຫຼຕາມທາງນອນໄດ້ຜິວດິນທີ່ໃຊ້ຕົ້ນທຸບລີສີໃນການບໍາບັດ ສາມາດກໍາຈັດ COD ໄດ້ເຖິງ 80.2% ເຊິ່ງສາມາດບໍາບັດໄດ້ດີກວ່າການສຶກສາຂອງ ອາລິສາ ຫຼວງຮາຊ ພ້ອມດ້ວຍຄະນະ (2019) ທີ່ໃຊ້ລະບົບການໄຫຼອິດສະຫຼະຕາມໜ້າດິນ ທີ່ສາມາດບໍາບັດໄດ້ພຽງ 32.1 % ຫາກໃຊ້ເວລາ 28 ວັນ ເທົ່າກັນ, ເຊິ່ງຜົນດັ່ງກ່າວສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Naz et al. (2009) ທີ່ວ່າລະບົບການໄຫຼຕາມທາງນອນສາມາດບໍາບັດ ນໍ້າເປື້ອນທີ່ມີຄ່າ COD ສູງໄດ້ດີກວ່າ ລະບົບການໄຫຼອິດສະຫຼະໜ້າດິນ. ນອກຈາກນັ້ນແລ້ວ ຕົ້ນທຸບລີສີມີຄວາມສາມາດໃນການບໍາບັດນໍ້າເປື້ອນທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນ COD ຕໍ່າກວ່າ 350 mg/L ໄດ້ເຖິງ 95.8% ໂດຍປັບອັດຕາການໄຫຼ ຕໍ່າກວ່າ 300 L/day/m², ນອກຈາກນັ້ນຍັງສາມາດກໍາຈັດແບັກທີເຣຍຈໍາພວກ *Vibrio* sp. ແລະ *Escherichia coli* ທີ່ຢູ່ໃນນໍ້າເປື້ອນໄດ້ເຖິງ 100% ອີກດ້ວຍ (Gaballah et al., 2020).

ຜົນຈາກການບໍາບັດ 28 ວັນ ເຫັນວ່າຄຸນນະພາບນໍ້າ ນອນຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານ ແລະ ຈັດເປັນນໍ້າປະເພດ 5 ທີ່ສາມາດນໍາໃຊ້ໃນການຄົມມະນາຄົມ, ທຽບກັບບ່ອນຮອງຮັບນໍ້າເປື້ອນຈາກຕົວເມືອງ ແລະ ຊຸມຊົນ (ກົມຄວບຄຸມມົນລະພິດ, 2017). ນອກຈາກນັ້ນ, ຍັງອາດສາມາດນໍາໄປໃຊ້ປະໂຫຍດໃນການຫິດຫຍ້າ ແລະ ຕົ້ນໄມ້ ໃນຂອບເຂດບໍລິເວນສະໜາມອີກດ້ວຍ. ເພື່ອໃຫ້ຂະບວນການບໍາບັດນັ້ນດີຂຶ້ນ ການສຶກສາຕໍ່ຍອດຄວນມີການຕື່ມຈຸລິນຊີຮ່ວມກັບການນໍາໃຊ້ພືດໃນການບໍາບັດ ເພາະວ່າການຕື່ມຈຸລິນຊີໃສ່ໃນລະບົບຈະຊ່ວຍໃຫ້ການບໍາບັດໄດ້ໄວ ແລະ ດີຂຶ້ນ, ພ້ອມທັງຫຼຸດຄວາມເປັນພິດຂອງນໍ້າຫຼັງການບໍາບັດອີກດ້ວຍ (Phonepaseth et al., 2014).

5. ສະຫຼຸບ

ຜ່ານການບໍາບັດດ້ວຍພືດທັງສອງຊະນິດ ເຫັນວ່າມີຄວາມສາມາດໃນການບໍາບັດທີ່ໃກ້ຄຽງກັນ ສາມາດຫຼຸດຄ່າຕົວຊີ້ວັດຄຸນນະພາບນໍ້າໃຫ້ໄດ້ຕາມມາດຕະຖານທີ່ກໍານົດພາຍໃນ 28

ວັນຂອງການທົດລອງ, ເຊິ່ງຕົ້ນທຸບລິສີ ສາມາດບໍາບັດ COD ໄດ້ ດີທີ່ສຸດ, ສ່ວນຕົ້ນກົກລັງກາ ແມ່ນສາມາດບໍາບັດ ຊັ້ນເຟດ (SO_4^{2-}) ໄດ້ດີທີ່ສຸດ. ປະລິມານໄນເຕດ-ໄນໂຕເຈນ ($\text{NO}_3\text{-N}$) ສາມາດຖືກບໍາບັດໝົດໄປໂດຍການປຸກພືດທັງ 2 ຊະນິດ ພາຍໃນ 14 ວັນ. ຈາກຜົນການທົດລອງນີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າພືດທັງ 2 ຊະນິດ (ຕົ້ນທຸບລິສີ ແລະ ກົກລັງກາ) ມີຄວາມສາມາດບໍາບັດນໍ້າ ຊະຊີເຫຍື້ອໄດ້ ແລະ ສາມາດນໍາເອົາພືດທັງສອງຊະນິດໄປປະຍຸກ ໃຊ້ໃນການສ້າງດິນທາມບໍາບັດນໍ້າຊະຊີເຫຍື້ອໃນສະໜາມຕົວຈິງ ຕໍ່ຈາກຂະບວນການຕົກຕະກອນ ທາງເຄມີ ເຊິ່ງຈະເຮັດໃຫ້ ສາມາດປ່ອຍນໍ້າທີ່ຜ່ານການບໍາບັດດັ່ງກ່າວອອກສູ່ທໍາມະຊາດໄດ້.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິບາຍ ດິນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນ ບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອ ປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການ ລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະ ຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ຄໍາຂອບໃຈ

ຂໍຂອບໃຈມາຍັງ ໂຄງການ ວິທະຍາເຂດ ອານຸລັກ ECO CAMPUS ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ ໃນການໃຫ້ທຶນ ວິໄຈບາງສ່ວນ ສິກປີ 2020-2021, ແລະ ຫ້ອງທົດລອງເຄມີ ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ ທີ່ຊ່ວຍອໍານວຍຄວາມສະດວກໃນການນໍາໃຊ້ເຄື່ອງວັດກວດ ສອບຄຸນສະພາບນໍ້າພາກສະໜາມ ແລະ ເຄື່ອງມືວິເຄາະບັນດາຄໍາ ເຄມີທີ່ໃຊ້ໃນການວິໄຈຄັ້ງນີ້.

8. ເອກະສານອ້າງອີງ

ກົມຄວບຄຸມມົນລະພິດ. (2017). ມາດຕະຖານສິ່ງແວດລ້ອມ ແຫ່ງຊາດ. ກະຊວງຊັບພະຍາກອນທໍາມະຊາດ ແລະ ສິ່ງແວດລ້ອມ. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ.

ທິບພະຈັນ ສຸລິຍະວົງ ແລະ ຄໍາບາງ ປັນຍາອຸດົມ. (2020). ສຶກ ສາປະສິດທິພາບການຕົກຕະກອນ ຂອງນໍ້າເປື້ອນອອກ ຈາກຊຸມຝັງຖິ້ມຂີ້ເຫຍື້ອໃນສະໜາມບໍາບັດຂີ້ເຫຍື້ອ ຫຼັກ 32 ບ້ານນາຜາສຸກ ເມືອງໄຊທານີ ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ, ໂດຍການນໍາໃຊ້ ທາດ Ferric chloride (FeCl_3), Poly Aluminum Chloride (PAC) ແລະ Aluminum sulfate (Alum). ບົດໂຄງການຈົບຊັ້ນ ລະດັບປະລິນຍາຕີ ຄະນະວິທະຍາສາດສິ່ງແວດລ້ອມ, ມຊ.

ສົມສະໝຸກ ສິລິບຸນທັນ, ສາຍຄໍາ ສີທະວົງ, ໄຊປະເສີດ ສິລິບຸນ ທັນ, ອານຸສອນ ໄຊສິງຄາມ, ແກ້ວດວງໃຈ ແກ້ວຄໍາຜຸຍ, ແລະ ເພັດຍະສອນ ໄຊປັນຍາ. (2020). ການບໍາບັດນໍ້າ

ເປື້ອນຈາກຊຸມຊົນໂດຍນໍາໃຊ້ຕົ້ນຜົງ, ຕົ້ນລັງກາ ໃນແບບ ຈໍາລອງແບບປະສົມ ບຶງໜອງທາ ເມືອງຈັນທະບູລີ ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ. *National Research Forum (NUOL) 2020 Sciences, Technology and Innovation for Sustainable Development Before-After COVID-19*. 558-568.

ອາລິສາ ຫຼວງຣາຊ, ນິພາວັນ ອ່ອນນາວົງ, ດາວອນ ແກ້ວມະນີ ແລະ ບຸນພັກ ລໍເລຍຢ່າວ (2019). ປຽບທຽບ ປະສິດທິພາບຂອງ ຕົ້ນທຸບລິສີ ແລະ ຫຍ້າແຝກເຂົ້າໃນ ການບໍາບັດນໍ້າເປື້ອນ. *The International Research Forum on Science, Technology and Innovation for Sustainable Development*. National University of Laos. 5-6 Nov 2019 (Abstract book). p30.

ອົງການພັດທະນາ ແລະ ບໍລິຫານຕົວເມືອງນະຄອນຫຼວງວຽງ ຈັນ.(2020). ສະຫຼຸບບໍລິມາດຂີ້ເຫຍື້ອທີ່ຂົນໄປກໍາຈັດຢູ່ ຫຼັກ 32 ປີ 2010-2020. ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ: ຫ້ອງການຄຸ້ມຄອງ ແລະ ບໍລິຫານຕົວເມືອງວຽງຈັນ.

Akinbile, C.O., Yusoff, M.S., and Zuki, A.Z.A (2012). Landfill leachate treatment using sub-surface flow constructed wetland by *Cyperus haspan*. *Waste Management*, 32(7): 1387-1393.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.002>

APHA/AWWA/WEF. (2012). Standard Methods for examination of water and wastewater. Environment and Water standard: 1-25

Babel, S., and Vilaysouk, X. (2016). Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Vientiane, Lao PDR. *Waste Management & Research*, 34(1):30-37.

<https://doi.org/10.1177/0734242X15615425>

Bhalla, B., Saini, M.S. and Jha, M.K. (2013). Effect of Age and Seasonal Variations on Leachate Characteristics of Municipal Solid Waste Landfill. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(6): 223-232.

Gaballah, M.S., Abdelwahab, O., Barakat, K.M., and Aboagye, D. (2020). A novel horizontal subsurface flow constructed wetland planted with *Typha angustifolia* for treatment of polluted water. *Environmental Science and Pollution Research* 27:28449–28462.

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08669-5>

Leto, C., Tuttolomondo, T., Bella, S.L., Leone, R., and Licata, M. (2013). Effects of plant species in a horizontal subsurface flow constructed wetland – phytoremediation of treated urban wastewater with *Cyperus alternifolius* L. and *Typha latifolia* L. in the West of Sicily (Italy). *Ecological Engineering*, 61: 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.014>

- Naz, M., Uyanik, S., Yesilnacar, M.I., and Sahinkaya, E. (2009). Side-by-side comparison of horizontal subsurface flow and free water surface flow constructed wetlands and artificial neural network (ANN) modelling approach. *Ecological Engineering*, 35:1255-1263.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.05.010>
- Phonpaseuth, P., Rakkiatsakul, V., Kachenchart, B., Suttinun, O., and Luepromchai, E., (2019). Phenolic compounds removal by grasses and soil bacteria after land application of treated palm oil mill effluent: A pot study. *Environmental Engineering Research*, 24(1):127-136.
<https://doi.org/10.4491/eer.2018.142>
- Phonpaseuth, P., Kachenchart, B., and Luepromchai, E., (2014). Removal of phenolic compounds from soil irrigated with palm oil mill effluent using *Acinetobacter* sp. OPB and grass rhizosphere bacteria. *The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International*, 237-243.
- PTI and JICA. (2011). The Project for Urban Development Master Plan Study in Vientiane Capital. A Brochure of the Final Report March 2011. 8pp.
- Reed, S.C., and Brown, D. (1995). Subsurface flow wetlands—A performance evaluation. *Water Environment Research*, 67(2): 244–248.
<https://doi.org/10.2175/106143095x131420>
- VCOMS, (2018). Report of waste management in Vientiane Capital 2017. Vientiane Capital:VCOMS.
- Xaypanya, P., Takemura, J., Chiemchaisri, C., Seingheng, H., and Tanchuling, M.A.N. (2018). Characterization of Landfill Leachates and Sediments in Major Cities of Indochina Peninsular Countries—Heavy Metal Partitioning in Municipal Solid Waste Leachate. *Environments*, 5(6):65.
<https://doi.org/10.3390/environments5060065>

ຕາຕະລາງທີ 1. ລັກສະນະທາງກາຍະພາບ ແລະ ເຄມີຂອງນ້ຳຊະຂີ້ເຫຍື້ອສະໜາມຂີ້ເຫຍື້ອຫຼັກ 32 ກ່ອນການທົດລອງ

Parameter	ຫົວໜ່ວຍ	ການສຶກສາຄັ້ງນີ້	ທົບພະຈັນ ສຸລິຍະວົງ ແລະ ຄຳບາງ ປັນຍາອຸດົມ. 2020	Xaypanya et al. 2018	ຄ່າມາດຕະຖານ
Collection	Month	February	May	June-August	-
Temperature	(°C)	32-34	31.33-33.00	31-33	-
pH	-	7.6-8.2	8.54-9.29	8.0-8.2	5.5-8.5*
Conductivity	(µS/cm)	2,200-2,950	3,370-3,400	3,300-3,700	<2,000*
DO	(mg/L)	5.8-6.3	1.29-2.67	10.1-10.5	> 2*
COD	(mg/L)	380-410	259.20-288.00	510-670	< 120**
BOD	(mg/L)	-	-	50-280	< 30*
TDS	(mg/L)	-	11.01-15.81	1,100-2,300	< 1,300*
TSS	(mg/L)	-	1.47-2.00	-	< 30*
Sulfate	(mg/L)	130-142	-	-	-
Phosphate	(mg/L)	-	32.25-77.49	-	-
Nitrate-N	(mg/L)	3.8-4.2	5.40-6.01	-	-
NH ₃	(mg/L)	-	-	50	-
Turbidity	(NTU)	-	-	70-360	-
Cl	(mg/L)	-	-	340-370	< 1.0*

* ມາດຕະຖານຄວບຄຸມມົນລະພິດທາງນ້ຳລຶງສູ່ຮ່ອງນ້ຳສາທາລະນະ ໜ້າ 31 (ກົມຄວບຄຸມມົນລະພິດ, 2017).

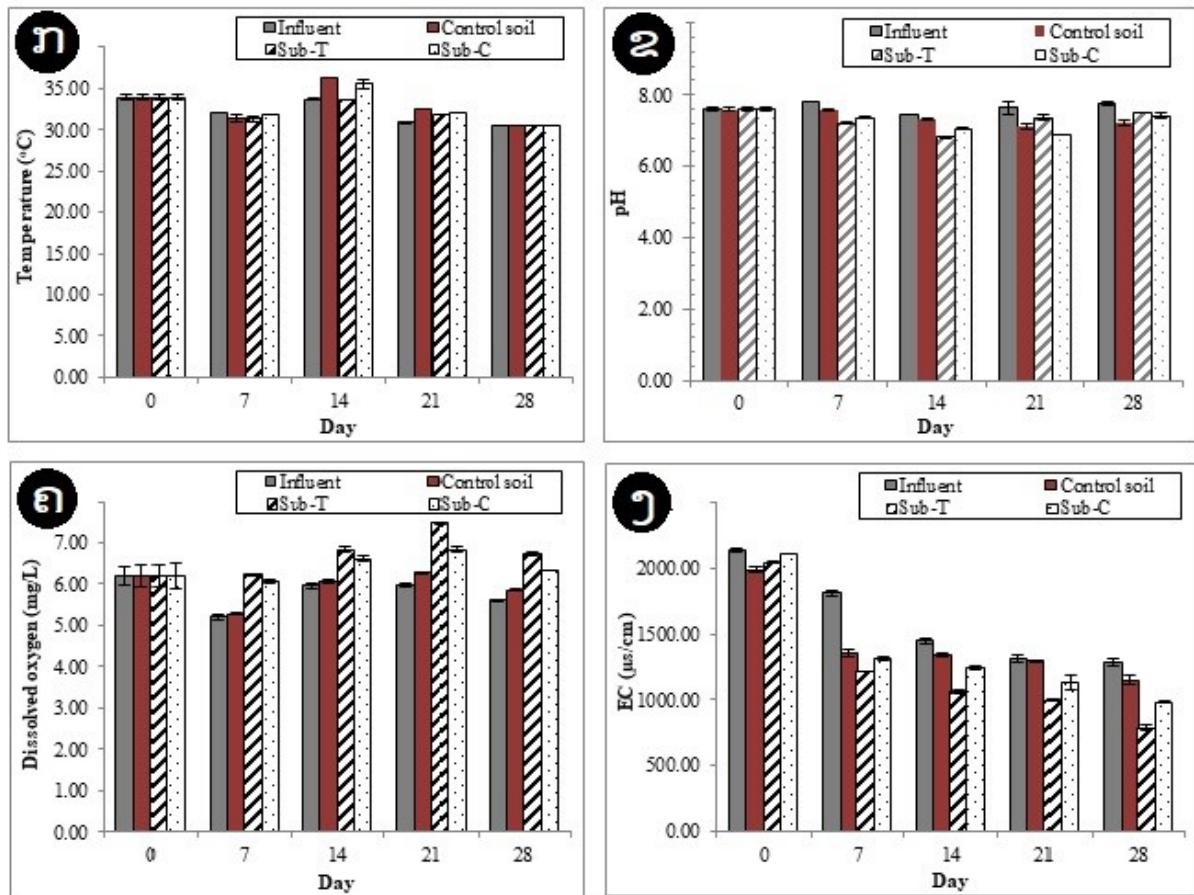
** ມາດຕະຖານຄວບຄຸມມົນລະພິດທາງນ້ຳຈາກໂຮງງານທົ່ວໄປ ໜ້າ 27 (ກົມຄວບຄຸມມົນລະພິດ, 2017).

ຕາຕະລາງທີ 2. ສ່ວນຮ້ອຍຂອງການບໍາບັດຂອງແຕ່ລະຊຸດການທົດລອງພາຍຫຼັງ 28 ວັນ

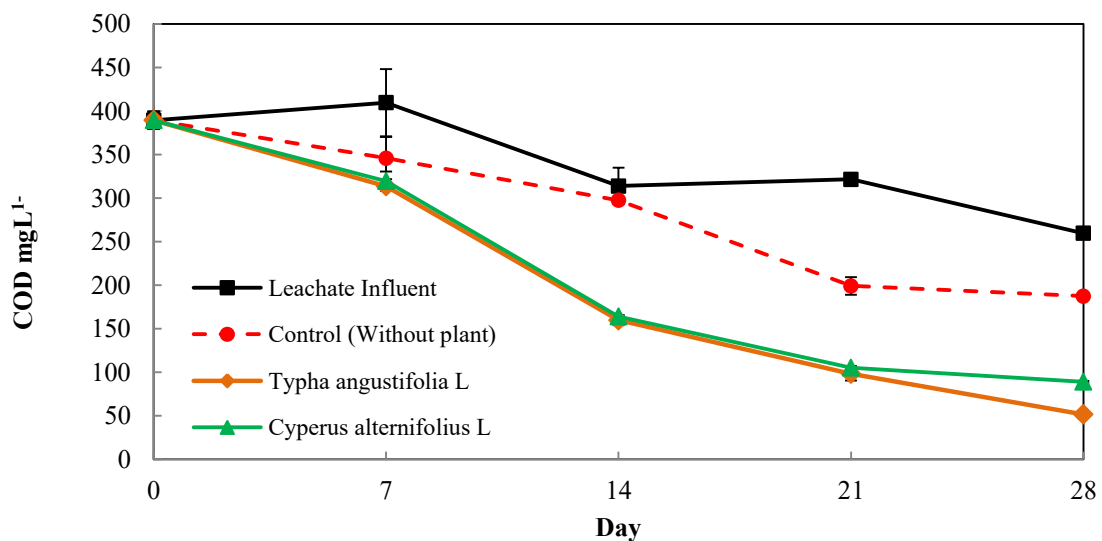
Parameter	Removal (%)		
	COD	Sulfate	Nitrate-N
Day 14			
Sub-Control soil	5.4a	6.2a	75.0a
Sub-T	49.4b	20.6b	100b
Sub-C	47.8b	22.5b	100b
Day 28			
Sub-Control soil	27.9a	5.2a	100a

Sub-T	80.2b	41.5b	100a
Sub-C	65.7c	53.6b	100a

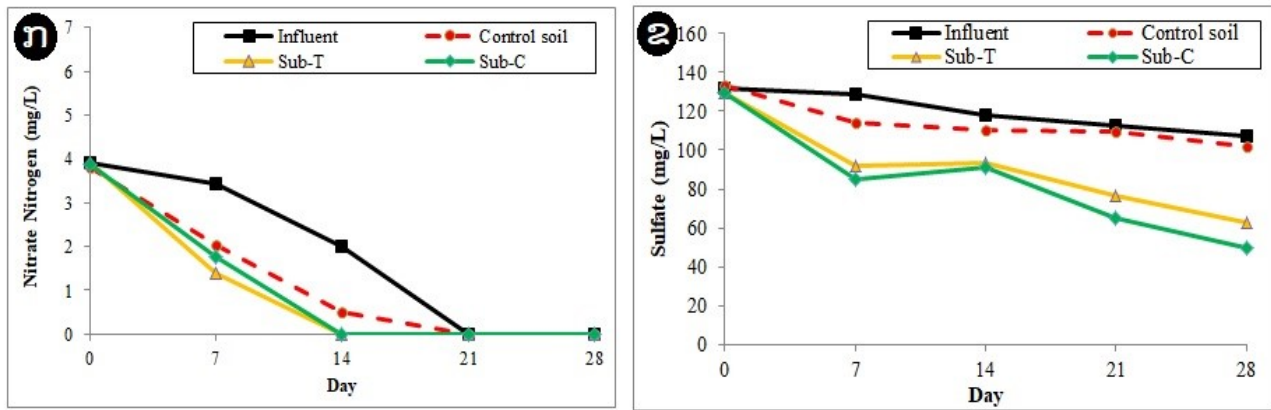
ໝາຍເຫດ: ສັນຍາລັກຕ່າງກັນ a, b, c ແມ່ນຄ່າທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນທາງສະຖິຕິດ້ວຍລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ($p < 0.05$)



ຮູບພາບທີ 2: ປຽບທຽບການປ່ຽນແປງຄ່າຕົວຊີ້ວັດຄຸນນະພາບນ້ຳໃນຊຸດການທົດລອງບໍາບັດນ້ຳຊະຊີເຫຍື້ອ 28 ວັນ. (ກ) ອຸນຫະພູມ, (ຂ) ຄ່າຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ, (ຄ) ຄ່າອົກຊີເຈນທີ່ລະລາຍໃນນ້ຳ ແລະ (ງ) ຄ່າຊັກນ້ຳໄຟຟ້າ



ຮູບພາບທີ 3 : ປຽບທຽບການປ່ຽນແປງຄ່າ COD ໃນຊຸດການທົດລອງບໍາບັດນ້ຳຊະຊີເຫຍື້ອເປັນເວລາ 28 ວັນ.



ຮູບພາບທີ 4: ປຽບທຽບການປ່ຽນແປງຄ່າ ໄນຕາດ-ໄນໂຕເຈນ (ກ) ແລະ ຄ່າ ຊັຸນເຟດ (ຂ) ໃນຊຸດການທົດລອງບໍາບັດນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອ ເປັນເວລາ 28 ວັນ.



ຮູບພາບທີ 5: ລັກສະນະຂອງລະບົບກ່ອນ ແລະ ຫຼັງການບໍາບັດນໍ້າຊະຂີ້ເຫຍື້ອ. ກ) ມື້ທີ 1 ແລະ ຂ) ມື້ທີ 28 ຂອງການບໍາບັດ